

УДК

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАССОВОЙ МІМО СИСТЕМЫ ВОСХОДЯЩЕЙ СВЯЗИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАНАЛА С ЗАМИРАНИЯМИ НАКАГАМИ-М**М. АЛЬ-РАВИ¹, М. АЛЬ-РАВИ²**¹Университет Ибб, Йемен, Ибб, Ибб сити²Университет Аль-Мустансири, Ирак, Багдад, Урбан

Аннотация. В статье исследована эффективность рабочих характеристик массовой МІМО (massive МІМО) системы восходящей связи (uplink) при использовании канала с замираниями Накагами- m . Эффективность измерена как зависимость спектральной эффективности от количества антенн базовой станции при различных значениях параметра m . Используются две схемы линейного детектирования: объединение с максимальным отношением MRC (maximum ratio combining) и приемник с обращением в нуль незначительных коэффициентов ZF (zero forcing). Результаты моделирования показали, что при возрастании параметра m спектральная эффективность увеличивается медленно, а при увеличении числа антенн базовой станции она увеличивается существенно. Кроме того, спектральная эффективность при использовании схемы ZF оказывается лучше, чем в случае использования схемы MRC.

Ключевые слова: массовая МІМО; канал с замираниями Накагами- m

1. ВВЕДЕНИЕ

В системах беспроводной связи использование многоэлементных антенн как на стороне передатчика, так и на стороне приемника, дает возможность существенно повысить надежность канала связи и увеличить общую пропускную способность системы с помощью технологии МІМО. Эта технология использована в различных стандартах беспроводной связи, таких как беспроводные системы третьего (3G), четвертого (4G) и пятого (5G) поколений. Хотя большинство современных МІМО систем используют 2–8 антенн, предложенные в последнее время массовые МІМО системы (massive МІМО) [1], нацелены на использование потенциально большого увеличения пропускной способности, которое появится при применении более крупных массивов антенн.

«Массовое МІМО» (massive МІМО), известное также как «большая антенная систе-

ма», «очень большое МІМО» (very large МІМО), «гипер МІМО» (hyper МІМО) и «полноразмерное МІМО» (full-dimension МІМО), представляет собой новую развивающуюся технологию, которая увеличивает МІМО на порядок по сравнению с существующей современной технологией. Технология «массовое МІМО» представляет собой очень большую многопользовательскую МІМО систему, в которой используется много антенных решеток, которые одновременно обслуживают большое число терминалов одиночных антенн (в общем случае системы могут быть оснащены многоэлементными антеннами) при одном и том же время-частотном ресурсе.

Базовой предпосылкой применения технологии «массовое МІМО» является использование всех достоинств традиционной технологии МІМО, но в значительно большем масштабе. В целом, массовое МІМО делает возможным

DOI: [10.20535/S0021347017010022](https://doi.org/10.20535/S0021347017010022)

© М. Аль-Рави, М. Аль-Рави, 2017

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Marzetta T. L. Noncooperative cellular wireless with unlimited number of base station antennas / Thomas L. Marzetta // IEEE Trans. Wireless Commun. — Nov. 2010. — Vol. 9, No. 11. — P. 3590–3600. — DOI : [10.1109/TWC.2010.092810.091092](https://doi.org/10.1109/TWC.2010.092810.091092).
2. Ngo H. Q. Performance bounds for very large multiuser MIMO systems / Hien Quoc Ngo // M.Sc. Thesis, Linköping University. — Sweden, 2012.
3. Measured propagation characteristics for very-large MIMO at 2.6 GHz / Xiang Gao, Fredrik Tufvesson, Ove Edfors, Fredrik Rusek // Signals, Systems, and Computers : 46th Annual Conf. ASIOMAR, 4–7 Nov. 2012, USA : proc. — IEEE, 2012. — DOI : [10.1109/ACSSC.2012.6489010](https://doi.org/10.1109/ACSSC.2012.6489010).
4. Ashikhmin A. Pilot contamination precoding in multi-cell large scale antenna systems / Alexei Ashikhmin, Thomas L. Marzetta // Information Theory : IEEE Int. Symp. ISIT, 1–6 Jul. 2012, Cambridge : proc. — IEEE, 2012. — DOI : [10.1109/ISIT.2012.6283031](https://doi.org/10.1109/ISIT.2012.6283031).
5. Pakdeejit E. Linear precoding performance of massive MU-MIMO downlink system / Eakkamol Pakdeejit // M.Sc. Thesis, Linköping University. — Sweden, 2013. — URL : <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:630516/FULLTEXT01.pdf>.
6. Massive MIMO for next generation wireless systems / Erik G. Larsson, Ove Edfors, Fredrik Tufvesson, Thomas L. Marzetta // IEEE Commun. Magazine. — Feb. 2014. — Vol. 52, No. 2. — P. 186–195. — DOI : [10.1109/MCOM.2014.6736761](https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736761).
7. Scaling up MIMO: opportunities and challenges with very large arrays / Fredrik Rusek, Daniel Persson, Buon Kiong Lau, Erik G. Larsson, Thomas L. Marzetta, Ove Edfors, Fredrik Tufvesson // IEEE SP Magazine (Signal Processing). — Jan. 2013. — Vol. 30, No. 1. — P. 40–60. — DOI : [10.1109/MSP.2011.2178495](https://doi.org/10.1109/MSP.2011.2178495).
8. Ngo H. Q. Energy and spectral efficiency of very large multiuser MIMO systems / Hien Quoc Ngo, Erik G. Larsson, Thomas L. Marzetta // IEEE Trans. Commun. — Apr. 2013. — Vol. 61, No. 4. — P. 1436–1449. — DOI : [10.1109/TCOMM.2013.020413.110848](https://doi.org/10.1109/TCOMM.2013.020413.110848).
9. Choi J. Downlink training techniques for FDD massive MIMO systems: Open-loop and closed-loop training with memory / Junil Choi, David J. Love, Patrick Bidigare // IEEE J. Selected Topics Signal Processing. — Oct. 2014. — Vol. 8, No. 5. — P. 802–814. — DOI : [10.1109/JSTSP.2014.2313020](https://doi.org/10.1109/JSTSP.2014.2313020).
10. Ali M. Massive MIMO for fifth generation wireless system / M. Ali, et al. // B. Sc. Project, University of Ibb. — Yemen, 2014.
11. Ngo H. Q. Massive MIMO: fundamental and system design / H. Q. Ngo // Dissertation, Linköping University. — Sweden, 2015. — URL : http://liu.se/elliit/artiklar-3/1.681525/MassiveMIMO_FundamentalsandSystemDesigns.pdf.

Поступила в редакцию ?

PERFORMANCE OF MASSIVE MIMO UPLINK SYSTEM OVER NAKAGAMI- m FADING CHANNEL

¹Ibb University, Ibb, Yemen

²Al-Mustansiriya University, Baghdad, Iraq

*e-mail: muhrawi@yahoo.com

**e-mail: muaayed@yahoo.com

This paper studies the performance of massive MIMO uplink system over Nakagami- m fading channel. The performance is measured in terms of spectral efficiency versus the number of base station antennas with different values of the parameter m using two schemes of linear detection; maximum ratio combining (MRC) and zero forcing receiver (ZF). The simulation results show that as m increases, the spectral efficiency increases slowly, but it increases significantly with the rise of the number of base station antennas. It should be also noted that the spectral efficiency with ZF is better than that with MRC.

Keywords: massive MIMO; Nakagami- m fading channel